

использовании реагента совместно с флокулянтom эффект очистки может достигать 80-90%.

Одним из способов интенсификации процесса очистки сточных вод с помощью реагентов является магнитная активация раствора реагента. При использовании активированного раствора реагента при очистке сточных вод уменьшается расход реагента, соответственно уменьшается площадь реагентного хозяйства, уменьшаются затраты, при этом качество очищенных вод остается таким же, как при использовании обычного коагулянта.

Исследования, выполненные нами на сточной воде Комплекса биологической очистки «Диканевский» г.Харькова, показали возможность интенсификации процесса удаления биогенных элементов при использовании активированного раствора коагулянта в 1,5-2 раза по сравнению с использованием раствора обычного коагулянта. При этом возможно снижение расхода коагулянта не менее чем на 25-30% без ухудшения качества очистки сточных вод по биогенным элементам, позволяя сбрасывать сточные воды в водоемы, а также использовать такие сточные воды в оборотных системах водоснабжения для технических нужд.

1.Разумовский Э.С., Залетова Н.А. Удаление биогенных элементов из городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 1991. – №6. – С.28-30.

2.Залетова Н.А. Удаление азота и фосфора для городских станций аэрации // Водоснабжение и санитарная техника. – 1993. – №9. – С.3-5.

3.Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.

4.Грязев В.Ю., Комарова Л.Ф. Экологические технологии: методы оптимизации очистки сточной воды от биогенных элементов на канализационных очистных сооружениях // Инженерная экология. – 2004. – №1. – С.37-43.

Получено 04.09.2008

УДК 628.1.147

В.О.ТИХОНЮК-СИДОРЧУК

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСВЕТЛЕНИЯ ВОДЫ НА КОНТАКТНЫХ ОСВЕТИТЕЛЯХ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЕЕ АКТИВИРОВАННЫМ РАСТВОРОМ КОАГУЛЯНТА

Исследуется ряд основных факторов, которые влияют на эффективность осветления воды при контактной коагуляции. Анализируются математические модели, описывающие влияние активированного раствора сульфата алюминия на эффективность очистки маломутной воды высокой цветности и мутно-цветной воды высокой цветности при контактном осветлении воды при разных показателях качества воды и значениях параметров активации раствора коагулянта.

Для эффективного анализа механизма явлений и управления технологическими процессами необходимо установить взаимосвязь между факторами, которые определяют ход процесса, и представить их в количественной форме – в виде математической модели, что является математическим отображением наиболее существенных сторон процесса. Для решения данной задачи оптимизации был выбран математический метод обработки экспериментальных данных [1], который дает возможность получить наиболее достоверные эмпирические зависимости при сравнительно небольшом количестве опытов. Использование данного метода оптимального планирования эксперимента дает возможность варьировать не одним, а несколькими факторами сразу. Ценность метода заключается в том, что оценивается не только влияние каждого фактора, но и отображается информация об их взаимодействии.

Анализ литературных и экспериментальных данных показывает, что исследования в области изучения и оптимизации данного метода оптимального планирования эксперимента проводились многими авторами при поиске оптимальных условий проведения и рассмотрения результатов опытных данных и поиске оптимальных решений поставленных задач [1-5].

Описываемый эксперимент производился на двух уровнях с варьированием трех факторов. Поэтому постановка по такому плану называется – полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа 2^3 . Равные факторы представляют собой границы исследуемой области по данному параметру [2, 4].

Таким образом, основываясь на ранее проведенных исследованиях [6, 7], в качестве основных факторов, влияющих на обезцвечивание и осветление воды, были выбраны следующие:

- цветность исходной воды, Ц, град;
- напряженность магнитного поля, Н, кА/м;
- содержание анодно-растворенного железа, Fe, мг/дм³.

Экспериментальные исследования проводились в разные времена года с разными показателями качества исходной воды, которое было учтено при планировании эксперимента [6, 7].

Функциональная зависимость эффекта очистки воды имеет вид:

$$E = f(C, H, Fe) \quad \text{или} \quad Y = f(X_1, X_2, X_3). \quad (1)$$

Соответственно математическая зависимость для ПФЭ типа 2^3 , согласно [2, 3], будет иметь вид:

$$E = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_1 X_2 + b_5 X_1 X_3 + b_6 X_2 X_3, \quad (2)$$

где $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$ – коэффициенты регрессии.

Следует отметить, что степень точности математической модели определяется диапазоном изменения факторов [3]: для каждого i -го фактора устанавливается X_{io} – основной уровень фактора; $X_{i\max}$, $X_{i\min}$ – верхний и нижний уровни i -го фактора, которые принимаются во время опытов; ΔX_1 – интервал варьирования, равный

$$\Delta X_1 = \frac{X_{i\max} - X_{i\min}}{2}, \quad i = 1 \dots k. \quad (3)$$

При проведении эксперимента используются кодированные значения уровней факторов [3]. При этом основной уровень принимается равным нулю, верхний +1, нижний – 1. Кодирования осуществляются по формуле

$$\bar{X}_i = (X_i - X_{io}) / \Delta X_1, \quad i = 1 \dots k. \quad (4)$$

Факторы влияния образуют независимую систему аргументов, варьирование которых на двух уровнях позволило сформулировать и реализовать матрицы планирования [5], описывающие влияние активированного раствора сульфата алюминия на эффективность очистки маломутной воды высокой цветности по цветности при контактном ее осветлении с использованием активированного раствора коагулянта (таблица). Воспроизводимость опытов проверялась по критерию Кохрена.

Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интер- вал варьиро- вания
наименование	кодо- вый вид	–1	0	+1	
Влияние активированного раствора сульфата алюминия на эффективность очистки маломутной воды высокой цветности по цветности при контактном ее осветлении с использованием активированного раствора коагулянта					
Цветность осветляемой воды, град	X ₁	15	28	4	13
Напряженность магнитного поля, Н, кА/м	X ₂	350	470	590	120
Содержание анодно-растворенного железа, Fe, мг/дм ³	X ₃	265	360	455	95
Влияние активированного раствора сульфата алюминия на эффективность очистки мутно-цветной воды по цветности при контактном ее осветлении с использованием активированного раствора коагулянта					
Цветность осветляемой воды, град	X ₁	18	38	58	20
Напряженность магнитного поля, Н, кА/м	X ₂	280	360	440	80
Содержание анодно-растворенного железа, Fe, мг/дм ³	X ₃	370	480	590	110

Согласно формулам (2)-(4) [2, 3], получены значения коэффициентов регрессии и уравнения нелинейной регрессии:

при очистке маломутной воды высокой цветности

$$Y = 44,59 - 0,68X_1 - 0,57X_2 - 1,61X_3 + 0,28X_1X_2 - 0,04X_1X_3 + 0,05X_2X_3; (5)$$

при очистке мутно-цветной воды высокой цветности

$$Y = 60,44 - 0,29X_1 - 0,31X_2 + 0,76X_3 + 0,03X_1X_2 + 0,43X_1X_3 - 0,08X_2X_3. (6)$$

Для оценки значимости коэффициентов регрессии необходимо определить следующие показатели:

- оценку дисперсии воспроизводимости: $S_y^2 = \frac{1}{8} 8,51 = 1,06;$

$$f = 8(3-1) = 16;$$

- оценку дисперсии среднего результата: $S_y^2 = \frac{1,06}{3} = 0,35;$

$$f = 8(3-1) = 16.$$

Отсюда ошибка в определении коэффициентов регрессии:

$$S_b = \sqrt{\frac{0,35}{8}} = 0,21 \text{ (при очистке маломутной воды высокой цветности)}$$

$$\text{сти) и } S_b = \sqrt{\frac{0,18}{8}} = 0,15 \text{ (при очистке мутно-цветной воды высокой цветности).}$$

Учитывая, что для доверительной вероятности $P=0,95$ и 16 степеней свободы значения критерия Стьюдента $t=2,12$ – $S_b \cdot t = 0,21 \cdot 2,12 = 0,45$, можно сказать, что только коэффициенты регрессии b_0, b_1, b_2 и b_3 – значимые, так как $|b| > 0,45$ [1, 4].

Итак, искомое уравнение регрессии имеет вид (при очистке маломутной воды высокой цветности):

$$Y = 44,59 - 0,68X_1 - 0,57X_2 - 1,61X_3. (7)$$

Далее были рассчитаны дисперсии адекватности:

$$S_{ao}^2 = \frac{1}{8-4} \left[(42,12 - 42,87)^2 + (42,5 - 43,09)^2 + (46,28 - 46,09)^2 + (47,36 - 47,45)^2 + (42,40 - 41,73)^2 + (46,33 - 46,31)^2 + (44,83 - 44,95)^2 + (44,88 - 44,23)^2 \right] = 0,46.$$

Здесь число степеней свободы $f = 8 - 4 = 4$.

Расчетное значение критерия Фишера не превышает табличного значения равного 3,0 [2].

Для доверительной вероятности $P=0,95$ и 16 степеней вольности значения критерия Стьюдента $t = 2,12$. – $S_b \cdot t = 0,15 \cdot 2,12 = 0,32$.

Исходя из этого можно сказать, что только коэффициенты регрессии b_0, b_1, b_2 и b_3 – значимые, так как $|b| > 0,45$ [1,4].

Итак, искомое уравнение регрессии будет иметь вид (при очистке мутно-цветной воды высокой цветности):

$$Y = 60,44 - 0,29X_1 - 0,31X_2 + 0,76X_3. \quad (8)$$

Далее были рассчитаны дисперсии адекватности:

$$S_{ao}^2 = \frac{1}{8-4} \left[\begin{aligned} &(60,93 - 61,18)^2 + (59,40 - 59,70)^2 + (59,84 - 59,66)^2 + \\ &+ (61,46 - 61,22)^2 + (60,43 - 60,28)^2 + (60,68 - 60,60)^2 + \\ &+ (61,73 - 61,80)^2 + (59,06 - 59,08)^2 \end{aligned} \right] = 0,19.$$

С ней связано число степеней свободы $f = 8-4 = 4$.

Расчетное значение критерия Фишера будет равно

$$F_p = \frac{0,19}{0,18} = 1,06, \text{ что не превышает табличного значения равного } 3,0 \text{ [2].}$$

В ходе исследований были получены адекватные уравнения регрессии, т.е. полученные функциональные зависимости хорошо описывают исследуемый процесс, описывающий:

– влияние активированного раствора сульфата алюминия на эффективность очистки маломутной воды высокой цветности по цветности при контактном ее осветлении с использованием активированного раствора коагулянта имеет вид:

$$E_{3н} = 54,3883 - 0,052Ц - 0,00475H - 0,017Fe; \quad (9)$$

– влияние активированного раствора сульфата алюминия на эффективность очистки мутно-цветной воды высокой цветности по цветности при контактном ее осветлении с использованием активированного раствора коагулянта имеет вид:

$$E_{3н} = 59,0724 - 0,0145Ц - 0,004H + 0,007Fe. \quad (10)$$

Таким образом, методом полного факторного эксперимента получены математические зависимости (9) и (10), для прогнозирования эффекта очистки воды при разных показателях качества воды и значениях параметров активации раствора коагулянта сульфата алюминия.

Сопоставляя данные, полученные исследовательским [6, 7] и рас-

четным путем, можно сделать вывод о возможности использования полученных математических зависимостей для практических целей (учитывая что, погрешность эксперимента не превышала 3%).

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования полученных зависимостей (9) и (10) и влияние основных факторов на технологические расчеты очистных сооружений и обоснование использования активированных растворов коагулянта сульфата алюминия для интенсификации процесса осветления воды на контактных осветлителях.

1. Барабашук В.И., Креденцер Б.П., Мирошниченко В.И. Планирование эксперимента в технике. – К.: Техніка, 1999. – 200с.

2. Саутин С.Н., Пунин А.Е. Мир компьютеров и химическая технология. –Л.: Химия, 1991. –144с

3. Чешевий П.Г. Теорія нелінійного програмування в елементарному викладі. – К.: Вища школа, 2005. – 283 с.

4. Говорухин В., Цибулин В. Компьютер в математическом исследовании – 2-е перераб изд. – М.: Компьютер, 2003. – 186 с.

5. Грушко И.М., Сиденко В.М. Основы научных исследований. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков: Вища школа, 2000. – 224 с.

6. Тихонюк-Сидорчук В.О. Эффективность очистки маломутных вод высокой цветности при контактном осветлении воды активированным раствором коагулянта // Тез. докл. XXXIII науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ. Ч.1. «Строительство, архитектура и экология». – Харьков: ХНАГХ, 2006. – С.154-156.

7. Тихонюк-Сидорчук В.О. Влияние активированного раствора сульфата алюминия на эффективность очистки мутно-цветной воды при ее контактном осветлении // Тез. докл. XXXIII науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ. Ч.1. «Строительство, архитектура и экология». – Харьков: ХНАГХ, 2006. – С.96-98.

Получено 05.09.2008

УДК 628.345

М.В.СОЛОДОВНИК

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Рассматриваются основные методы и способы очистки фильтрационных вод полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), а также их дееспособность на определенном этапе жизненного цикла полигона ТБО.

Переработкой отходов, являющихся основным источником образования фильтрата, человечество занималось с давних времен. Но значительного накопления отходов не наблюдалось. Проблема накопления и утилизации отходов усложнялась по мере роста плотности населения и бурного развития инфраструктуры.

Ежегодно только в Харьковской области, где официально зарегистри-